概述美國水稻栽培與研究現況及對本省稻作發展之啓發

⊙洪信雄　講述
賴明信．陳正昌筆錄
農試所農藝系

洪信雄博士曾在本所農藝系及美國波瑪試驗場工作過一段很長時間，是一位在水稻研究很有成就的專家，目前服務於美國加州的國寶公司。本文係 80 年 12 月 24 日洪博士應邀至農藝系演講之筆記，原稿經洪博士修訂並承郭益全博士斧正而成，希望能藉此提供本省稻作工作同仁參考。

一、前言

水稻在美國列為次要作物。近年來一方面由於世界人口的大量增加，對糧食需求量與日劇增，造成美國稻米出口量逐年增加，其外匯獲利對蕭條的美國經濟亦日趨重要；另一方面由於美國對日本貿易的嚴重逆差，而日本對於美國稻米輸日卻一再設限，引起美國朝野羣體嘩然，以致強烈要求日本開放稻米市場。我國以米食為主，且以水稻為最主要之農作物，雖然目前國民對食米消費量逐年降低，造成生產過剩，再則稻米生產成本過高，外銷無利可圖，多年來不得已採休耕及轉作補貼政策，以期產銷之平衡。美國稻米生產成本低廉，我國稻米市場久為美國稻米產銷業所注目，現階段之稻米保護政策何時棄守，而改採市場開放雖不能測，但我國

稻作界研究同仁亟需認清即將來臨的衝擊，及早籌謀對應之道。作者特此概述美國水稻栽培與研究現況，提供國內稻作界知己知彼，並試擬因應之道，以供參考。

二、美國水稻之產區分布與試驗機構

美國水稻大部分種植於阿肯色州（Arkasas）、加利福尼亞州（California）、德克薩斯州（Texas）、路易斯安那州（Louisiana）等四州，少部分種植於佛羅里達州（Florida）、密蘇里州（Missouri）及密西西比州（Mississippi）。各州的栽培面積及平均稻穀產量如下：阿肯色州之栽培面積 416340 公噸，每公頃平均稻穀產量 6277 公斤；路易斯安那州之栽培面積為 209220 公噸，每公頃平均稻穀產量 4820 公斤；加利福尼亞州之栽培面積為 165920 公噸，每公頃平均稻穀產量 8630 公斤；德克薩斯州之栽培面積為 141230 公噸，每公頃平均稻穀產量 6500 公斤；密西西比州之栽培面積為 99150 公噸，每公頃平均稻穀產量 5940 公斤；密蘇里州之栽培面積為 34400 公噸，每公頃平均稻穀產量 5600 公斤；其中以加州單位面積產量最高，可能原因為加州少陰天、日夜溫差大、生長季節長、日照時數長所致。在美國從事水稻育種工作的單位有公立以及私人投資等兩類機構，主要公立試驗機構包括位於阿肯色州的 Stuttgart 試驗場；位於加利福尼亞州之 Biggs 試驗場；位於德克薩斯州的 Beaumont 試驗場；位於路易斯安那州的 Crowley 試驗場以及位於密西西比州的 Stonville 試驗場等等。大部份試驗場均附屬於州立大學，同時有美國農業部研究單位配屬在內。私人公司較著名的有位於德州休士頓附近的 Rice Tec Seeds 公司於加州的 Rice Researchers Inc.（國寶公司）、Buch Agricultural Resources Inc.以及 N.F. Davis Drier & Elevator Inc.等。若以水稻粒型區分，加州栽培中粒型品種主，而南部諸州則以長粒型為主，因此各地的公私立水稻研究機構其育種重點也有所別。

三、波瑪（Beaumont）試驗場簡介

波瑪為美國較著名的水稻試驗場，位於德州。整個試驗占地面積四百餘公頃，擁有職員 84 人，其中包含支領州政府薪水的 TAES 研究員 10 人以及支領聯邦政府薪水的 USDA－ARS 研究員 4 人、辦公室占地 385 平方公尺，研究室及溫室占地 2200 平方公尺，其餘為試驗用地。試驗場經費由州政府提供三分之一，聯邦政府提供三分之一，其餘經費取自栽種農民收穫的農作物所得。在德州每磅稻穀收取美金五分的迴饋基金。波瑪試驗場研究的主要課題有品種改良、水資源的保存與管理、稻米品質（包含碾米品質、理化性質、烹煮品質）、病蟲害及鳥害的防治、土壤與植物營養、雜草防治、替代作物、組織培養及電腦輔助系統等等；品種改良主要著重於水稻（約占百分之八十），其育種除了加州偏向中、短粒型且直鏈性澱粉（amylose）含量低之品種外，絕大部分之水稻育種皆以選拔長粒且直鏈性澱粉含量中等的品質。因此，波瑪試驗場之育種以長粒型為主，占百分之八十，中粒型占百分之十，其他具有特殊性狀者如香味等占百分之十。次要目標為提高稻米產量，最後才是抗病蟲品種之培育。近年來為降低生產成本及提高收益，在德州及路易斯安那州亦著重再生稻之研究，唯目前再生稻米質不佳（原因乃成熟期不一致造成收穫種子水分量差異大，以致完整米粒低）而影響農民收益。波瑪試驗場水稻的育種方法有譜系法（Pedigree method）、改良混合法（Modified bulk method）及花藥培養法（Anther culture method）等三種。其中以譜系法為主，其育種程序如圖 1。雜交方法是將受粉親以溫湯去雄剪穎後，與花粉親以紙袋套在一起，待花藥裂開時刻再輕彈紙袋即可，如此可節省不少人力。雜交

圖 1、美國波瑪試驗場水稻育種程序

雜交（Hybridization）

↓

雜交第一代（F_1）→花藥培養

↓

雜交第二代（F_2）→雜交第六代（F_6）

（改良混合物）

↓

穗行（728 系統 1 重複）

↓

初級產量試驗（108 系統 2 重複 1 年）

↓

高級產量試驗（48 系統 4 重複 2 年）

第一代之植株待種子採收後，部分植株另行再生處理，試驗場有一塊用地專門種植 F1 的再生植株。對於 F2 雜種集團及以後之分離世代之基本性狀如株高、抽穗期、耐寒性、腹白等均在電腦中建檔，如此，於選拔時能很清楚的知道其背景，方便選拔工作之進行。田間選拔以選穗為主，波瑪試驗場之高級試驗區採取旱田多行機械條播方式，採收方式則依需要分人工及機械兩種，試驗田區隔年輪換一次，目的乃在保持地力並且避免殖生苗混雜。組織培養雖有研究但規模不如農試所，花藥培養是一種育成二倍體水稻很好的方式，要分別花藥培養為單倍體植株或二倍體植株，可利用顯微鏡作稻苗根尖切片觀察，分離出之單倍體植株利用秋水仙素處理即可增加期望植株。利用電腦輔助系統為田間的栽培、施肥及病蟲害防治作預估的工作正在進行中。

四、美國水稻栽培制度與主要推廣品種之簡介

美國為一大農制的國家。農民擁有的耕地面積相當大，大致每戶擁有 120 至 160 公頃水田，其耕作與管理方式與台灣殊異。由於農地規模龐大，土地整平根本無法以目視為之，因此，農民利用雷射來引導大型曳引機整平。水稻的種植可區分有旱地直播與濕地直播兩種，濕地直播以飛機撒播，水稻生育期皆浸泡在水中。旱地直播以機械條播後灌水，然後灌排水數次，至稻苗葉齡四、五葉時噴殺草劑後再灌水直至收成皆不排水。灌溉水主要是來自冬季的雨雪儲存在水庫備用，另少部分抽取地下水，所以，水的來源非常有限。加以美國水稻皆大面積種植，同一塊田區面積相當大，整地時無法像台灣水田一樣整得非常平，使得灌溉水浪費很多。為未雨綢繆，他們正著手研究如何將田區依等高線規畫成不同斜度，以期水的反複循環利用。在南部諸州病蟲害防治以稻熱病、紋枯病及水象鼻蟲（Water weevil）為主，鳥害則以黑鳥之防治最為迫切。施追肥與噴灑農藥均以飛機操作之，水稻種子則向專門生產種子的農戶或公司購買。收穫時由於稻穀水分含量對稻米品質影響很大，水分含量多則乾燥成本增加，而水分含量少則完整米粒低並且影響米質。因此，有經驗的農民能很清楚的決定何時採收利益最高。主要栽種之長粒型水稻品種幾乎都具有光滑葉的特性。Maybelle 對於稻熱病具有強抗病性，主要期作平均稻穀產量每公頃約 7,416 公斤，再生期作每公頃也有約 2,565 公斤的收成，株高約 102 公分、生育期約 81 天；Jasmine 85 又稱泰國香米，由泰國引進，在美國栽種結果雖然香味不變米質亦佳，但完整米粒低及種子稍具休眠性，有待進一步改良，主要期作平均稻穀產量每公頃約 6,515 公斤，株高約 106 公分、生育期約 100 天；Tex-mont 是利用組織培養培育而成的水稻品種，生育日數短、產量高並且穩定，主要期作平均稻穀產量每公頃約 7,587 公斤，再生期作每公頃約 2,660 公斤，株高約 87 公分、生育期約 82 天；Lemont 為一產量穩定而且具有高產、較不易脫粒、桿短、抗倒伏、米粒長及品質佳等特性的推廣品種，是目前美國南部最主要的栽培品種，其親本引入台中在來一號的半矮性基因，不但提高了產量而且不容易倒伏，成為美國南部最受歡迎的品種，主要期作平均稻穀產量每公頃約 7,410 公斤，再生期作每公頃約 1,582 公斤，株高約 92 公分、生育期約 92 天；桂朝（Gui Chow）是由中國廣州引進的水稻品種，株型好、單位面積平均稻穀產量每公頃可達 10 噸以上，但腹白多是其最大缺點。中、短粒米絕大部分在加州育成，中粒型品種佔加州栽培面積百分之八十以上，主要栽培品種以

M202 及 M201 為主，M401 及 M203 次之，前二者為普通米，後二者為良質米。M401 及 M203 血統均為國寶薔薇米（KoKuho Rose）的後代，不過米質均不及後者。國寶薔薇米係國寶公司的招牌品種，屬於稉型稻。親源來自日本及伊朗，米質與越光比較幾乎沒有差異，結實率達百分之八十，株高達 140 公分、易倒伏、耐寒性弱以及不易導入優良性狀是其缺點。一般市面上販賣之國寶薔薇米紅色包裝者是該公司出品的高品質米，黃色包裝為次級米。

五、未來展望及建議

一般而言，美國水稻栽培得天獨厚，病蟲害較少，相關的工業發達，因此，栽種水稻的稻農比台灣農民舒服。不過展望未來需要改進的地方也不少，在加州，燃燒稻草是一項頭痛問題，目前政府規定每年減少百分之十的燃燒面積，至公元 2000 年以後每年只批准燃燒病害嚴重的部份農田。因此，抗小粒菌核病品種的育成、良質米品種、株高的矮化及增強抗倒伏性皆為燃眉之急。水田灌溉水之農藥含量，加州已規定不可超過某一含量水準，以免影響下游地區的飲水品質，將來南部各州也可能跟進。其次都市與農地爭水問題，將來會更加激烈，進一步研究節省農田灌溉水用量勢不可免。另外，改以飛機撒播取代播種機直播，並加強電腦輔助水稻栽培，利用遺傳工程引入抗病、抗殺草劑基因等方法，減低生產成本等工作正在進行中。由於貿易逆差，美國政府對日本、南韓及台灣要求稻米進口的壓力會越來越大。一九九一年底，就台灣與美國兩地之良質米對良質米及普通米對普通米價格比較的結果，發現台灣食米市價都大約為美國米一倍半，同時食用品質卻因倉儲過久而變劣，以致市售白米品質一般比美國米差，因此，如果一旦被迫不得不開放稻米進口，對台灣水稻栽培之衝擊很大，以下數點可能值得台灣農業人員參考：

1. 擴大水稻經營面積

考慮大佃農小地主的構想，在適宜大規模栽培水稻的專業區，每個專業農戶耕作面積的擴大可由鄰近農戶的委託經營達成，政府似可以獎勵方式來鼓勵小農或不願意從事農業的地主離農轉業，並特別立法保障小地主的土地所有權，絕不因租佃關係而受損，以美國的標準，每戶經營面積達一百公頃並不為大。

2. 改變栽培方式，並利用大型機械整地收穫

慣行的移植法費工甚多，直播較省工。在美國直播的情形下，飛機水田撒播比旱地機械條播之成本低。在台灣用小飛機可能不便，利用直昇機稍加改良也許可做嘗試，同樣情形亦可用於施基肥、追肥、殺草劑及殺蟲劑的施用。有關水田撒播方式的實際操作，諸如苗期抗低溫及高溫田水之品種的選育，播種量，苗期田水深淺對雜草及對水稻產量構成因素的影響等等，值得聯合全省各改良場所共同研究。稻田耕犁及收穫的農具亦改用大型的耕耘機及收穫機，以增加效率，凡不適於大型農具操作的梯田或者都市邊緣房子分佈過多的田地，改種蔬菜或其他高價值經濟作物，不必勉強栽種水稻。

3. 提高稻米的品質

美國米有長、中、短三種粒型。依國人口味，與台灣蓬萊米較有競爭性的美國米應屬中及短兩型。一般台灣市面上的米碎米較多，貯藏期長的老米也混著賣，試吃結果比不上美國米，同時價格又是美國米的一倍半，因此，若目前開放進口，無異迫令全省稻農失業。為此，台灣方面似應朝高品質米發展，以確保國米之市場。綜合美國與台灣兩地的栽培條件，台灣大致先天上吃虧，但台灣如朝高品質方向發展，亦有進口米無法競爭地方例如，台灣農場面積較小，與米質有密切關係的栽培技術，如肥料量，收穫時稻穀水分含量等等較易控制。其次，在新米較舊米好吃的原則下，台灣一年兩季加上不同產地收穫月份的差異，幾乎時時都有新米應付市場，而美國米一年收穫一次，又需長途運輸，在時間及空間上均不利。再者，在現有良質米品種上，兩地最佳品種國寶薔薇與越光的米質不相上下，但兩品種產量均差，其他性狀也均須大大改良，台灣水稻育種方向似應將現有稉稻品種之米質基準提昇到越光之水平，如此，將來只要米質上佔優勢，市場之確保應該沒有問題。